

基于 OPENCV 和 JavaCV 的人脸识别系统设计与实现

江
桥

指导教师 姚俊峰 教授

厦
门
大
学

厦门大学博硕士论文摘要库

学校编码: 10384

分类号 _____ 密级 _____

学号: X2013230219

UDC _____

厦门大学

工 程 硕 士 学 位 论 文

基于 OpenCV 和 JavaCV 的人脸识别系统设计 与实现

Design and Implementation of Face Recognition System Based
on OpenCV and JavaCV

江 桥

指 导 教 师:	姚 俊 峰 教 授
专 业 名 称:	软 件 工 程
论文提交日期:	2016 年 1 月
论文答辩日期:	2016 年 2 月
学位授予日期:	2016 年 6 月

指 导 教 师: _____

答辩委员会主席: _____

2016 年 1 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。
本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

2016 年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（ ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

（ ☒ ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

2016 年 月 日

摘 要

随着计算机和互联网的不断发展,在人工智能领域思想理论取得了一系列的发展,作为人工智能领域中发展较为突出的人脸识别技术取得了较为快速的发展。随着国家经济急速的发展,在社会各个领域对人脸识别技术的要求不断增加。人脸识别技术应用领域广泛,可以毫不夸张的说几乎可以覆盖整个社会的各个方面。上至国家信息安全,下到民生建设都有广泛的应用领域。现如今的生活主要使用输入密码、插卡、获取口令等方式来保护个人信息和财产安全,这些传统的方法具有安全性低、易忘、易丢等缺点。随着技术的发展这些传统验证方式受到新技术的挑战。相对于传统的验证方式,人脸识别技术具有可靠性高、方便等特点。

人脸识别技术隶属于生物识别技术,生物识别技术依靠计算机图像处理技术的发展而发展起来的。生物识别技术包括:人脸、指纹、虹膜等技术。相比其他的生物识别技术,人脸识别技术具有非接触、可靠性等优点。

本项目基于跨越多平台的开源计算机视觉库人脸识别 OpenCV (Open Source Computer Vision Library) 来实现人脸识别登录的系统实现。本项目主要功能有用户人脸识别登录,用户人脸注册以及人脸样本的训练。满足于一般用户在登录系统中的需要。主要流程包括:寻找人脸、人脸提取、人脸信息处理、人脸特征提取、人脸样本训练、人脸识别。本系统中的人脸样本均为自己训练提供满足于本系统的需要。本系统使用 Java 实现,通过调用 JavaCV 提供的 jar 包来调用 OpenCV 中相关算法。其中人脸对比这一块所用的算法是作者本人自行改良实现的,大大提高了系统的人脸对比的性能。整个人脸对比的时间不超过 3s,拒识率和误识率小于 5%。本系统具有很好的实用性和鲁棒性。

关键词: 人脸识别; OpenCV; JavaCV

Abstract

With the continuous development of computer and Internet, the theory of artificial intelligence has made a series of development. As the development of artificial intelligence, the technology of face recognition has been developed rapidly. With the rapid development of the national economy, the requirements of face recognition technology in various fields of the society are increasing. Face recognition technology is widely used in the field, it is no exaggeration to say that almost every aspect of the whole society can be covered. From the national information security, to the livelihood of the people's livelihood construction has a wide range of applications. Now life is mainly used to enter a password, password card, access and other ways to protect personal and property safety. These traditional methods have the disadvantages such as low security, easy to forget, easy to lose, and more. With the progress of technology, these traditional verification methods are challenged by new technology. Compared with the traditional verification method, face recognition technology has the characteristics of high reliability, convenience and so on.

Human face recognition technology is a biometric technology, which is developed by the development of computer graphics processing technology. Biometric technology including: face, fingerprint, iris, and so on. Compared with other biometric technology, face recognition technology has the advantages of non-contact, reliability, and so on.

This project is based on the open source cross platform computer vision library face recognition(OpenCV) to achieve the system to achieve a face recognition. The main features of this project are user's face recognition, user registration and training of face samples. Meet the needs of the general user in the login system. The main process includes: looking for face, face extraction, face information processing, face feature extraction, face training, face recognition. The face samples in this system are provided to meet the needs of the system. Java implementation of the system. By

calling the JavaCV jar package to call OpenCV algorithm, In the face of this one, the author improves the performance of the system. The whole face contrast time is not more than 3S, Rejection rate and error rate less than 5%. The system has good practicability and robustness.

Keywords: Face Recognition; OpenCV; JavaCV

厦门大学博士论文摘要库

目 录

第一章 绪 论	1
1.1 研究背景及意义	1
1.2 研究现状	1
1.3 研究内容	3
1.4 论文章节安排	3
第二章 相关技术介绍	5
2.1 OpenCV	5
2.1.1 OpenCV 简介	5
2.1.2 OpenCV 主要功能	6
2.2 JavaCV	8
2.3 本章小结	9
第三章 人脸图像预处理	10
3.1 检测人脸图像	10
3.1.1 OpenCV 实现流程	10
3.1.2 人脸检测原理	13
3.2 图像归一化	21
3.3 图像二值化	22
3.4 本章小结	23
第四章 基于 PCA 的人脸识别	24
4.1 PCA 概念和原理	24
4.1.1 PCA 概念	24
4.1.2 PCA 原理	24
4.2 基于 PCA 的人脸识别	26
4.2.1 创建人脸特征空间	27
4.2.2 训练图像样本的特征提取	32
4.2.3 人脸识别	33
4.3 本章小结	34
第五章 系统的设计与实现	35
5.1 系统总体设计	35
5.2 系统详细设计	36
5.3 系统实现	43
5.4 系统测试	48
5.5 本章小结	60
第六章 总结与展望	61
6.1 总结	61
6.2 展望	63

参考文献.....	65
致 谢.....	67

厦门大学博硕士论文摘要库

Contents

Chapter 1 Introduction	1
1.1 Research Background and Significance	1
1.2 Research Status	1
1.3 Research Content	3
1.4 Paper Chapter Arrangement	3
Chapter 2 Related Technology Introduction	4
2.1 OpenCV	4
2.1.1 Brief Introduction of OpenCV	4
2.1.2 OpenCV Main Function	5
2.2 JavaCV	7
2.3 Summary of This Chapter	8
Chapter3 Face Image Preprocessing	9
3.1 Detection of Face Images	9
3.1.1 OpenCV Implementation Process	9
3.1.2 Face Detection Principle	12
3.2 Image Normalization	20
3.3 Binarization Image	22
3.4 Summary of This Chapter	22
Chapter4 Face Recognition Based on PCA	23
4.1 PCA Concepts and Principles	23
4.1.1 PCA Concept	23
4.1.2 PCA Principle	23
4.2 Face Recognition Based on PCA	25
4.2.1 Create Face Feature Space	26
4.2.2 Feature Extraction of Training Image Samples	32

4.2.3 Face Recognition.....	33
Chapter5 Design and Implementation of The System.....	35
5.1 Overall System Design.....	35
5.2 System Design.....	36
5.3 System Implementation	42
5.4 System Test	47
5.5 Summary of This Chapter.....	49
Chapter6 Summary And Outlook	61
6.1 Summary.....	61
6.2 Outlook.....	63
References	65
Acknowledgements.....	67

第一章 绪论

1.1 研究背景及意义

随着人工智能领域在理论上的突破，一系列新的模式识别算法的出现。为本项目提供了必要的理论依据和相当一部分的算法支持，使得本项目可以做成成为现实。随着国家经济的长足发展，传统的验证方式正受到前所未有的新挑战。以生物识别技术为代表的识别技术正日益成为人们生活中不可缺少的组成部分。从各个单位上下班指纹打卡到个人信息安全领域的瞳孔识别，这一切在过去只是在好莱坞大片中的一种幻想如今却在人们生活现实中真真切切的存在，人们已经习以为常，从中享受其带来的便捷。人脸识别相关技术在生物识别技术中可谓是佼佼者，由于其非接触性、相对静态、可靠性高等特点使其成为生物识别技术中一个重要的研究方。

随着图像识别技术的长足发展和社会的认可度不断提升，图像识别技术在社会各个方面都有用武之地。不仅在企业管理和住宅安全上有其独特的作用，而且在公安司法刑侦国家安全领域也有不俗的表现。通过人脸识别技术和远程网络的结合，可以在全国范围内有监控摄像的地方寻找犯罪分子，也可以通过这项技术寻找失踪人员。可以设想在不久的将来，人脸识别技术将在民用和军用领域大展拳脚。同时，人脸识别技术作为生物和计算机交叉学科的产物。研究人脸识别技术将有力的推动生物和计算机交叉学科的发展。

1.2 研究现状

人脸识别技术是生物学和计算机学的交叉学科的产物。人脸识别技术包括：计算机图像处理技术、计算机视觉、模式识别、生物特征、人工神经网络、统计学等各个学科的理论和方法。这需要研究人员具有深厚的计算机专业知识和相当广泛的知识背景。包括生物学、统计学、心理学等学科。

广义的人脸识别技术包括：人脸检测、人脸表情识别、人脸表征、人脸识别和生理分类五个研究领域。不同的研究方向所关注的目标也不尽相同，当然研究方法也各有不同。狭义的人脸识别技术只包括人脸识别本身，当然也是广义的人脸识别技术的核心所在。人脸识别技术简单的来说就是对系统检测出来的人脸图像进行最相似人脸判断，或者检测未知的人脸图像是不是已知的人脸信息。

常见的人脸识别方法包括：面部几何特征，模板匹配，人工神经网络，隐马

尔可夫模型法。本文碍于篇幅有限对一些主要方法进行说明主要。

(1) 面部几何特征法

基于面部几何形状特征的图像对比算法可以说是最早、最直观研究方法。其基本的思想是：提取人脸最具特色的特征（例如眼睛、鼻子、嘴巴）的相对位置、大小形状、几何分布作为研究特征。再加上人脸的轮廓信息从而构造一组特征向量来判别和分类。其中的优缺点不言而喻。优点是容易、便捷、易于理解。缺点是没有统一的提取标准、基于几何特征的方法易受光照和环境等噪声的影响。尤其对于人脸来说，人脸不是一个刚体受表情影响面部器官易于变形。这样使得其不能作为判定人脸的主要方法。由于其理论研究不足一般只是作为辅助手段。

(2) 基于代数特征法

基于代数特征法的人脸识别就是要得到一种变换和降维，使降维和变换后的人脸图像样本不仅具有低维空间而且具有较好的突出人脸特征能力和聚类。其中代表性的方法有主成分分析法（PCA）。主成分分析是分析数据的使用统计特征主要成分的分析方法，该方法的优点是理解简单易懂，通过抽取图像的主要的特征来识别图像。缺点是对图像样本要求高且单独使用计算量大。

(3) 基于神经网络的方法

基于神经网络的人脸判别方法也是最早研究的方法之一。作为仿生学中的人工神经网络起源于生物神经网络，将生物的神经网络中神经元的工作原理抽象成为形式神经元的数学模型。基于神经网络的人脸识别方法就是利用神经网络的自学能力和自我分类能力，通过对典型样本的学习和训练，对人脸进行特征提取与识别，从而减少了人工的干预选择复杂的特征提取从而减少对特征值选择的影响。基于神经网络的人脸判别方法的优点是自学能力强大、适应性强、鲁棒性好。缺点是神经网络提取特征是仿人脑神经网络，导致在训练时参数繁多，训练慢，实现起来比较困难，而且有可能陷入局部最优。

(4) 基于隐马尔可夫模型的方法

基于隐马尔可夫模型（HMM）的人脸判断方法将整个人脸作为一个整体来看。不仅人脸的各个器官具有联系，而且各个器官的不同表象也具有相关性。隐马尔可夫模型是通过统计特征的方法来获取人脸特征的一种常用的统计计算模型，而后被应用于语言识别和机器学习当中。其基本思想是：将整个人脸分为五个区域，

作为隐含的五个状态。然后将人脸图像用一个矩形窗进行采样。其优点是：既考虑了各个器官的不同特征又考虑到不同器官之间的关联，因此对表情和姿态的变换不太敏感允许表情和人脸有较大幅度的变化。具有较高的识别率和鲁棒性。缺点是在提取特征和训练模型参数时需要较大的运算量。

1.3 研究内容

本系统主要依靠成熟的基于跨多平台和免费的计算机图像视觉库(OpenCV)，使用面向对象语言Java来实现人脸识别系统。众所周知OpenCV是使用C和C++语言来实现的，在实现和应用领域具有一定的局限性。而Java是跨平台，本系统可以在不同平台下无需改变就可直接运行，更加的方便实用。OpenCV封装了图像处理的很多通用算法，使我们工程师不必深究于人脸识别中的每一个算法是怎样实现的却可以随心所欲的调用实现。本系统使用Java作为开发语言，参照提供的JavaCV jar包调用，然后实现OpenCV的算法相关。JavaCV是对常用计算机视觉库的封装后的一组jar包，封装了OpenCV。本系统主要完成人脸注册和人脸识别登录系统两个功能。系统中所用的人脸识别算法包括人脸检测算法、人脸信息处理算法、人脸特征提取算法、人脸判定算法。其中人脸判定算法是本人根据已有的主成分分析（PCA）算法改进而来，在实际的图像识别中有较高的识别率。

1.4 论文章节安排

本论文共有七个章节，主要内容如下：

第一章 绪论。在这一章中主要介绍人脸识别的背景和使用的相关技术。首先从研究意义和背景说明研究项目的重要性和意义。其次从现在的研究现状来阐述使用不同的算法和方法实现人脸识别。最后阐述一下本系统所研究的主要内容。

第二章 相关技术介绍。主要介绍本系统所用到的 OpenCV 和 JavaCV 的基本概况和原理。在这一章中主要介绍关于本系统所需要的一些开发工具和环境。本系统主要基于 OpenCV 人脸开源库，所以着重介绍关于 OpenCV 的一些相关功能。其次阐述一些本系统开发语言有关的关于 JavaCV 的相关内容。

第三章 人脸图像预处理。这一部分主要阐述了人脸图像预处理时所用的算法和原理。这一部分可谓是这个系统的理论支撑部分，重点阐述关

于人脸图像处理的一些基本的原理和相关算法的内容。

第四章 基于 PCA 的人脸识别。主要说明了 PCA 的原理和算法。这一部分是关于人脸实现中的人脸对比的内容。本系统的人脸识别是基于 PCA 的人脸对比识别。重点介绍关于 PCA 的相关内容，以及 PCA 如何实现人脸的比对。

第五章 系统的实现。这一部分主要阐述整个系统实现的流程，从功能的三个方面和人脸处理流程四个部分展开说明。

第六章 回归与展望。本部分主要总结整个论文的内容和进一步研究的方向。其中指出了本文中系统的一些不足之处，和以后的研究的内容关于基于卷积的神经网络识别人脸的方法。这个方法成为以后的主要的研究方向。

第二章 相关技术介绍

2.1 OpenCV

2.1.1 OpenCV 简介

OpenCV是一个开源的图像处理常用计算机视觉库，其代码是通过计算机视觉方面的专业技术工程师优化而来的，可用于处理实时的人脸图像。其代码具有优良的移植性，其主要功能是可以对图像/视频各种的基本的常规操作。同时提供许多高级和低级应用程序接口，这样就可以在许多场合中可以应用。现在的OpenCV学习资料目前没有中文翻译对学习者来说是一个不小的挑战。

为了使 OpenCV 整个库便于管理和扩充所以将整个库分为许多子库。其具体体现在函数的命名规则上。

(1) CVCORE: 核心函数库

从名字上可以看出这个库提供了 OpenCV 处理图像的一系列最基础的数据结构，其中包括矩阵，数组的基本运算和一些处理出错的基本函数。

(2) CVAUX: 辅助函数库

CVAUX 在 OpenCV2.1 之前作为一个单独库的存在, OpenCV2.1 以后被合并到其他类库中，这里并不影响我们对它的理解。主要包括：立体匹配、视图变形函数、三维跟踪函数、特征对象函数、嵌入式隐马尔可夫模型函数。其中特征对象函数的实现主要通过 PCA，这个下面的章节后做详细的讲解和自己的改进。

(3) CV: 数据结构与线性代数

CV 中包括图像处理、图像结构分析与处理、运动分析与跟踪、模式识别、相机标定和三维重建。图像处理主要针对二维的像素数组也可以称为“图像”，当然也可以用。主要使用的是 `IplImage` 结构体，也包括 `cvMat`（矩阵变换函数）和 `cvMatND`（多维密集数组函数）。包括在分析中，计算几何和平面分割结构轮廓的处理功能。运动分析与对象跟踪包括：相关的功能和方法的后台统计累计金额，运动模板，目标跟踪，光流，预测等。模式识别主要是目标检测，达到目标检测方法是使用样品（大约几百件样本图像）的分类训练和提取特征值哈尔特征，由多个分类器级联训练样本到阳性样品和阴性样品的筛选，所述 `formerIt` 指目标样品被检查（例如人脸或汽车等），这是指任何其他图像（就是与要识别的人脸图像不相关的图像这样做的目的是为了增加负样本的干扰性同时提升识别系统

Degree papers are in the “[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)”.

Fulltexts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.